



TITLE:

Semantic Interpretation of Eye Movements
Using Author-designed Structure of Visual
Content(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Ishikawa, Erina Schaffer

CITATION:

Ishikawa, Erina Schaffer. Semantic Interpretation of Eye Movements Using Author-designed Structure of Visual Content. 京都大学, 2016, 博士(情報学)

ISSUE DATE:

2016-09-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20024>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2016-12-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（情報学）	氏名	石川 惠理奈
論文題目	Semantic Interpretation of Eye Movements Using Author-designed Structure of Visual Content (提示コンテンツのデザイン構造を用いた視線運動の意味理解)		
(論文内容の要旨)			
<p>画面上に提示されたコンテンツを閲覧する際の視線運動から、閲覧者の興味や意図といった心的状態を理解することは、コンテンツ評価や閲覧支援など様々な応用につながる。このような視線運動の意味理解には、固視の長さやサッケードの頻度といった眼球運動情報だけでなく、提示コンテンツの意味的属性や顕著性を用いた解析が有効であるが、コンテンツの多様性をいかに解決するかが課題となり、コンテンツのレイアウトを限定するなどの単純化がしばしば行われる。本論文は、多様な提示コンテンツの特徴を記述する方法として、コンテンツのデザイン構造、すなわちコンテンツを構成する対象領域間の意味的・空間的関係性を利用して閲覧者の視線運動の特徴化および解釈を行う枠組みを提案するとともに、カタログ閲覧時における閲覧状態推定の有効性を実験により評価したものであり、7章から構成されている。</p> <p>第1章では、視線運動の特徴化に関して、提示コンテンツに基づかない固視やサッケードに関する特徴抽出と、コンテンツの持つ意味的属性や顕著性を利用した視線解析手法の違いについて述べ、さらに確率モデルに基づく視線解析や心的状態の推定手法を概説したうえで、既存手法の限界、および本論文で提案する手法の位置づけとその前提条件について論じている。</p> <p>第2章では、コンテンツ閲覧時の視線運動を解析するための、4層からなる階層モデルを提案するとともに、それぞれの層で表現される視線運動の特徴化法および階層間の関係性について述べている。1、2層目は、それぞれ画面上における注視点の座標系列、および注視対象領域の属性情報を扱い、3層目ではコンテンツを構成する領域間の空間的・意味的關係性を利用して、短期的な視線運動パターンを「注視行動」表現に変換・特徴化し、4層目では閲覧時のサブタスクに対応する「閲覧状態」の遷移として視線運動を特徴づける。このとき、3層目と4層目との相互依存性をモデル化することで、3層目で得られた注視行動を上位層で解釈可能である点が、本論文の提案する4層モデルの特徴となっている。</p> <p>第3章では、コンテンツのデザイン構造の定義を、対象領域間の意味的關係性と空間的關係性の二つの側面から与えており、それぞれの構造を有向グラフで記述する方法について述べるとともに、カタログコンテンツにおけるデザイン構造の具体例とその記述方法について述べている。</p> <p>第4章では、視線計測装置を用いて得られた視線運動データをまず注視対象領域系列に変換し、次に3章で定義したデザイン構造を用いて注視行動の特徴表現へ変換する方法を提案している。後者は2章で導入した4層モデルのうち3層目に相当し、短期的に見比べを行った領域間の意味的・空間的関係性によって視線運動を特徴づける。視線運動より抽出される各種の特徴量から、カタログ閲覧時の各段階（選択肢の全体確認、比較吟味、選択後の自由閲覧）を推定する評価実験を行い、デザイン構造を用いない視線運動の特徴化に比べ、デザイン構造を用いて抽出した注視行動の特徴が、より高い重要度となることを示している。</p> <p>第5章では、コンテンツ閲覧時の閲覧状態の遷移構造を、視線運動データとコンテンツのデザイン構造から、確率状態遷移モデルを用いてボトムアップに抽出する方法を提案している。これは4層モデルの最上位層に相当し、隠れセミマルコフモデルを用いて各閲覧状態の持続長分布をモデル化することで、カタログ閲覧時の視線運動データから、選択対象の確認や比較吟味による評価といった、閲覧状態として解釈可能な状態集合が実際に得られることを確認している。</p>			

第6章では、選択行動（意思決定）を伴うようなカタログ閲覧状況を前提とした際に現れうる閲覧状態の事前知識を与えることで、5章で提案した閲覧状態の確率的遷移モデルを識別的に学習する2段階の方式を提案している。1段階目では、2つの閲覧状態、すなわち「探索」と「評価」の状態間の遷移が、初期状態の後に現れることを事前知識として与え、さらに各状態において、最終的に選択される対象が再注視される確率モデルを仮定することで、閲覧状態系列と確率的な遷移構造の同時推定手法を提案している。2段階目では、1段階目の推定結果を利用して、選択行動に特化した状態遷移モデルを教師あり学習の枠組みで構築することで、5章で学習した汎用モデルと比較して、選択対象や候補対象とより関連性の強い閲覧状態の推定が可能になることを実験により示している。

第7章では、本論文の提案手法についてまとめるとともに、課題や拡張可能性、および応用例について議論を行っている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

画面上の提示コンテンツを閲覧する際の視線運動から、その背後にある興味や意図といった心的状態を理解することは、コンテンツ評価や閲覧支援をはじめ様々な応用につながる。このような視線運動の意味理解には、固視の長さやサッケードの頻度といった眼球運動情報だけでなく、提示コンテンツの意味的属性や顕著性を用いた解析が有効であるが、その多様性をいかに扱うかが課題となる。本論文は、多様な提示コンテンツの特徴を記述する方法として、コンテンツのデザイン構造、すなわちコンテンツを構成する対象領域間の意味的・空間的關係性を利用して閲覧者の視線運動の特徴化および解釈を行う枠組みを提案するとともに、カタログ閲覧時における閲覧状態推定の有効性を実験により評価したものであり、得られた成果は以下の通りである。

(1) コンテンツ閲覧時の視線運動を解析するための階層モデルとして、①画面上における注視点の座標系列、②注視対象領域の属性情報、③短期的な領域間の見比べなどを表す「注視行動」、④閲覧時のサブタスクに対応する「閲覧状態」、という視線運動の階層的特徴化法および、階層間の關係性を用いて上位層での視線運動の意味理解を与える枠組みを提案した。

(2) 対象領域間の意味的關係性と空間的關係性の二つの側面からコンテンツのデザイン構造を定義するとともに、デザイン構造を用いて③の注視行動を特徴づける方法を提案し、カタログ閲覧時の各段階（選択肢の全体確認、比較吟味、選択後の自由閲覧）を視線運動から推定するうえで、デザイン構造を用いない視線運動の特徴化法に比べてデザイン構造を用いて特徴化を行った注視行動がより高い重要度を持つことを実験により示した。

(3) コンテンツ閲覧時における上記④の閲覧状態の確率的遷移構造を、③で得られた注視行動から、隠れセミマルコフモデルを用いてボトムアップに抽出する方法を提案するとともに、カタログ閲覧時の視線運動データを用いた実験により、選択肢の確認や比較吟味といった閲覧状態として解釈可能な状態集合が実際に得られることを確認した。

(4) 選択行動（意思決定）を伴うようなカタログ閲覧状況を前提とした際に現れる閲覧状態の事前知識を与えることで、(3)の確率モデルを識別的に学習する2段階の方式を提案した。1段階目では、「探索」と「評価」の2つの閲覧状態間での遷移が初期状態の後に現れることを仮定し、各状態を特徴づける確率モデルと閲覧状態系列とを同時推定し、2段階目では1段階目の結果を用いて選択行動に特化した状態遷移モデルの構築を行うことで、選択候補の閲覧をより明確に特徴づけるような閲覧状態推定が可能になることを実験によって示した。

以上本論文は、コンテンツ閲覧時の視線運動の意味理解という問題に対し、コンテンツのデザイン構造を用いた注視行動の特徴化というアイデアを軸に、4層モデルにより視線運動を解釈する枠組みを提案し、実験を通じてその妥当性および有効性を示したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成28年8月30日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨（例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」）を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降